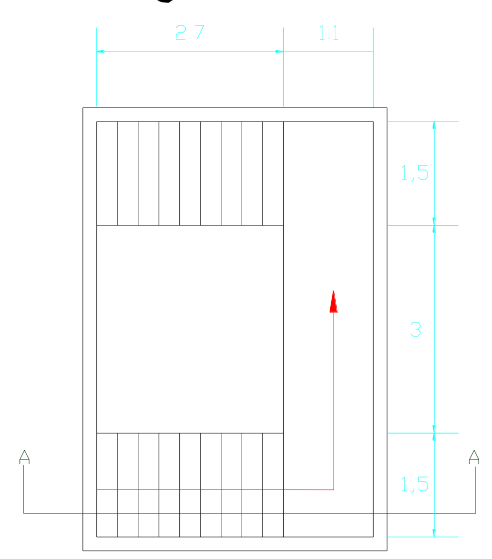
تصميم السلالم:

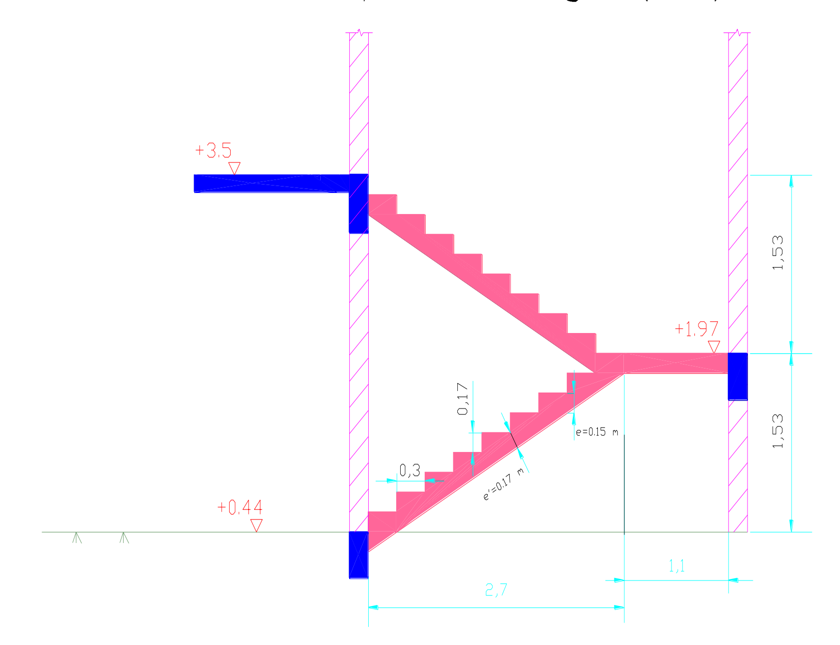
1.3.4 السلم الرئيسي:

1.1.3.4 حساب الأبعــاد:

- حسب المواصفات الخاصة بالمباني الإدارية تؤخذ أبعاد الدرجة الواحدة للنائم 30 سم و للقائم 17 سم.
- بشكل عام يفضل أن تكون زوايا ميل الأدراج الخاصة بالاستعمالات الخارجية من 20^0 إلى 30^0 ، لتخفيف المساحات الأفقية المخصصة للدرج[5] .



شكل (4-23) يوضح الأبعاد الأفقية للسلم.



شكل (4−24) يوضح الارتفاعات للسلم.

زاوية ميل الدرج $\because \theta = \tan^{-1}\frac{1.53}{2.70} = 29.54^{0} \quad o.k$

طـــول الشاحـــط $L = \sqrt{1.53^{2} + 2.7^{2}} = 3.1m = 3100mm$

يتم حساب سمك الشاحط (e) للسيطرة على الانحراف حسب المواصفات الأمريكية ACI Code table 9.5 a من المعادلة :

$$e = \frac{L}{24}$$

$$e = \frac{3100}{24} = 129.2\,mm \approx 130\,mm$$

$$use \;\; e = 150\,mm$$

$$\bar{e} = \frac{e}{\cos t} = \frac{150}{\cos 29.54} = 170\,mm$$

2.1.3.4 حساب الأحمال:

أ :− حساب الأحمال على القلبة المتكررة:

وزن بلاطة السلم $e.\gamma = 0.15 \times 25 = 3.75 \;\; kN/m^{2}$

وزن الدرجات $= \frac{1}{2} \times 0.3 \times 0.17 \times 25 = 0.64\,kN/m^{2}$

وزن الإنهاءات

وزن طبقة البلاط $0.44 \;\; kN/m^{2}$

وزن المونة الأسمنتية $0.4 \;\; kN/m^{2}$

وزن طبقة البياض الأسمنتي $0.4 \;\; kN/m^{2}$

وزن إضافي $0.37\,kN/m^{2}$

$$\sum DL = 6\ kN/m^2$$
$$\sum L.L = 5\ kN/m^2$$

$$W_u = 1.4\times6+5\times1.7 = 16.9\ kN/m^2$$

ب :- حساب الأحمال على الاستراحة:

وزن بلاطة الاستراحة $e.\gamma_C = 0.15\times25 = 3.75\ kN/m^2$

وزن الإنهاءات :

وزن طبقة البلاط $0.44\ kN/m^2$

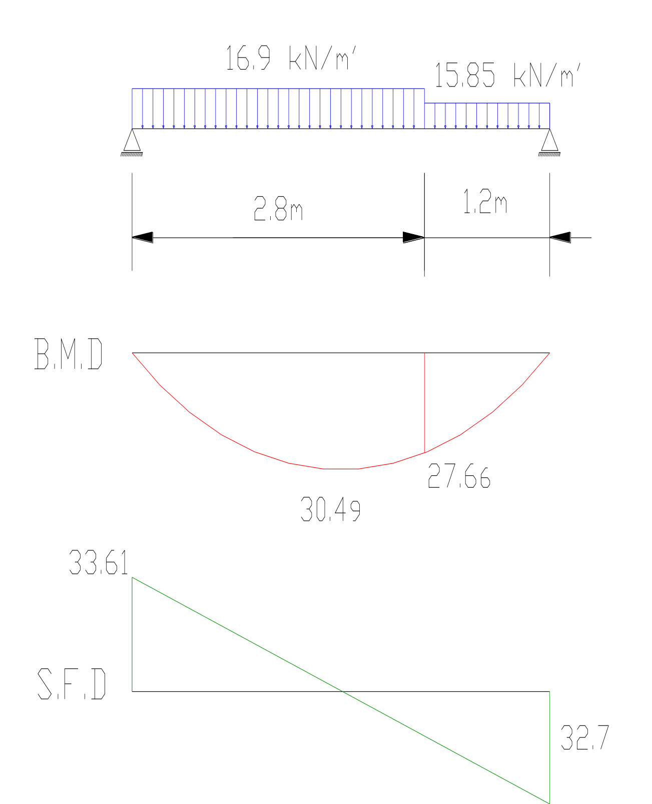
وزن المونة الأسمنتية $0.4\ kN/m^2$

وزن طبقة البياض الأسمنتي $0.4\ kN/m^2$

وزن إضافي $0.26\ kN/m^2$

$$\sum DL = 5.25\ kN/m^2$$
$$\sum L.L = 5\ kN/m^2$$
$$W_u = 1.4\times5.25+5\times1.7 = 15.85\ kN/m^2$$

3.1.3.4 التحليل الإنشائي لبلاطة السلم:



الشكل (4−25) يوضح التحليل الإنشائي للسلم.

4.1.3.4 حساب حديد التسليح:

أولاً : الحديد الرئيسي المقاوم للعزم الموجب:

$$use \ \ \phi 12\,mm \quad use\ Cover\,20\,mm$$

$$d = e - \frac{db}{2} - Cover$$

$$= 150 - \frac{12}{2} - 20 = 124\,mm$$

$$M_u = 30.49 \times 10^6\ N/mm \ , \quad d = 124 \quad , \quad f_y = 400 \quad , \quad f_C' = 25\,MPa$$

$$k_u = \frac{M_u}{f_C'.b.d^2} = \frac{30.49 \times 10^6}{0.9 \times 25 \times 1000 \times 124^2} = 0.088131575$$

$$w = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36\,k}}{1.18} = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 \times 0.088}}{1.18} = 0.0933$$

$$\rho = w\frac{f_C'}{f_y} = 0.00583$$

$$\rho_{min} = w\frac{1.4}{f_y} = 0.0035$$

$$\rho_{max} = 0.75\left[0.85 \times 0.85 \times \frac{25}{400} \times \left(\frac{600}{600+400}\right)\right]$$

$$\rho_{max} = 0.02$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$A_S = \rho\ .b.d = 0.00583\ \times 1000\ \times 124\ = 722.9\,mm^2$$

$$use \quad 7\phi\ 12\ mm/m'$$

$$S = \frac{(A_S)of\ one\ bar}{\rho\ .d} \le 3h_s$$

$$\le 450$$

$$=\frac{113}{0.00583\times124}=156.3\approx150\,mm$$

$$S\le\begin{cases}150\ mm\\3h_s=\quad 3\times150=450\,mm\\450\ mm\end{cases}$$

$$use\quad S=150\ \ mm$$
$$use\quad \phi12\ mm\ @150\ mm\ c\setminus c$$

ثانياً : حديد الحرارة والانكماش:

$$use\quad \phi\ 10\ mm$$

$$\rho_{\min}=\frac{0.0018\ \times400}{f_y}=\frac{0.0018\ \times400}{400}=0.0018$$

$$d\ =150-20-12-\frac{10}{2}=113mm$$

$$A_S\ =\rho\times b\times d$$
$$=0.0018\times1000\times113=203.4\ \ mm^2$$

$$S\ =386\ mm\le3\,hs=450$$
$$\le450\qquad\qquad o.k$$

$$use\qquad \phi\ 10\ \ mm@375mm\,c\setminus c$$

ثالثاً : حديد التسليح للعزم السالب:

تسلح منطقة الاتصال بين قلبة السلم والاستراحة بكمية تسليح تساوي نصف الكمية المستعملة لمقاومة العزم الموجب وذلك لتلافي العزوم السالبة في حالة حدوثها :

$$A_S\ =\frac{723}{2}=362\ \ mm^2$$
$$use\ \ 4\phi12\ mm\ /\ m^{\setminus}$$

رابعاً : تدقيــق القــص:

$$\phi V_C\ =\phi\left[\frac{\sqrt{f_C'}}{6}\right]\times bw\times d$$

$$=0.85\times\frac{\sqrt{25}}{6}\times1000\ \times124\ \times10^{-3}\ =87.83\,kN$$

$$V_u\ =32.73\ \ kN$$

$$V_u\ <\phi\ V_C\qquad\Rightarrow\qquad o.k$$

∴ لا يحدث قص

5.1.3.4 تصميم عتبة استراحة السلم:

– تحديد إبعاد العتبة:

يحدد ارتفاع العتبة بما يتوافق مــع ملاءمتهــا لمقاومــة الانحــراف حســب متطلبــات الكــود $ACI\,code\,318-83-9.5(a)$.

$$h_{\min} = \frac{L}{16} = \frac{6000}{16} = 375\,mm$$

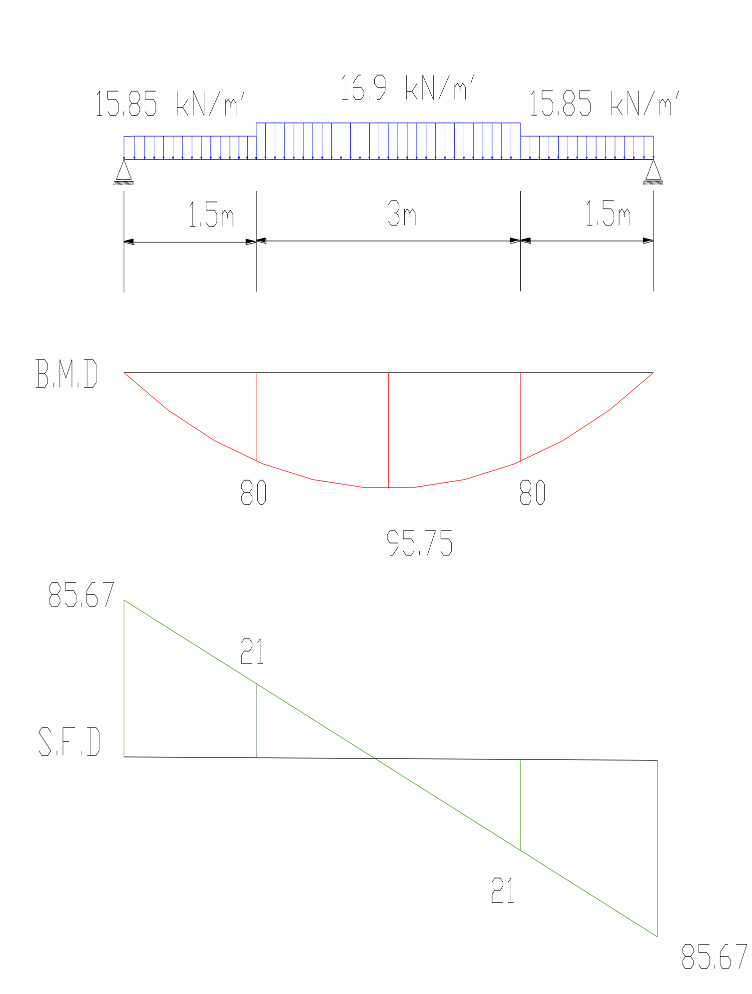
$$use \quad h = 400\,mm$$

$$\left(\frac{h}{3} < b < .\frac{2h}{3}\right) = (133.3 - 266.6) \qquad use \quad b = 200\ mm$$

– الأحمال المسلطة على الكمرة[3] :

رد الفعل الناتج من القلبات المتكررة	$32.73\ kN/m$
الأحمال العائدة من استراحة السلم :	$0.15 \times 25 \times 1.2 = 4.5\,kN/m$
حمل الوزن الذاتي	$0.4 \times 0.2 \times 25 = 2\,kN/m$
حمولة الجذران	$7.5\ kN/m$

– التحليل الإنشائي :



شكل (4-26) يوضح التحليل الإنشائي لعتبة السلم

- التصميم الإنشائي:

$M = 95.75 kN.m \qquad d = 370\ mm \quad b = 200 mm$

$f_C' = 25\ MPa \qquad f_y = 400\ MPa$

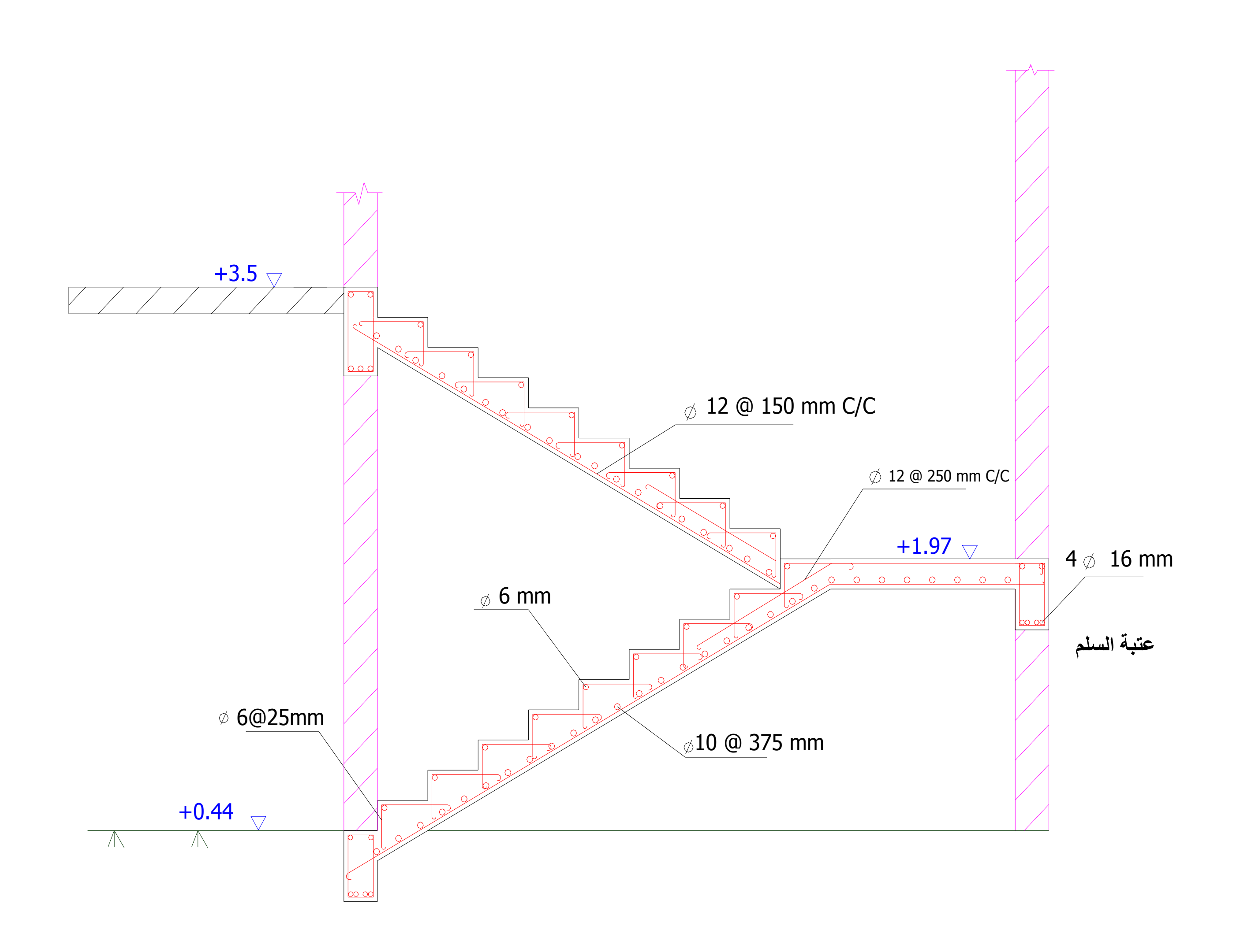
$k_u = 0.155 \qquad W = 0.173 \qquad \rho = 0.0108$

$\rho_{min} = 0.0035 \qquad \rho_{max} = 0.02$

$use \qquad \rho = 0.0108$

$A_S = 0.0108 \times 200 \times 370 = 800\ mm^2$

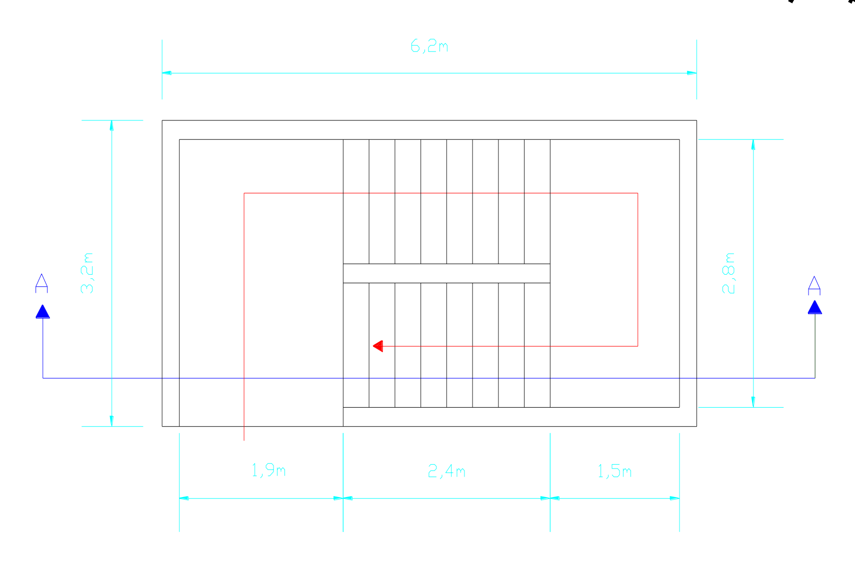
$\therefore\ use\ \ 4\ \phi 16\ mm$



الشكل (4−27) يوضح تفاصيل تسليح السلم الرئيسي.

2.3.4 تصميم سلم الطوارئ:

1.2.3.4 تحديد الأبعاد:



الشكل (4−28) يوضح أبعاد سلم الطوارئ المختارة.

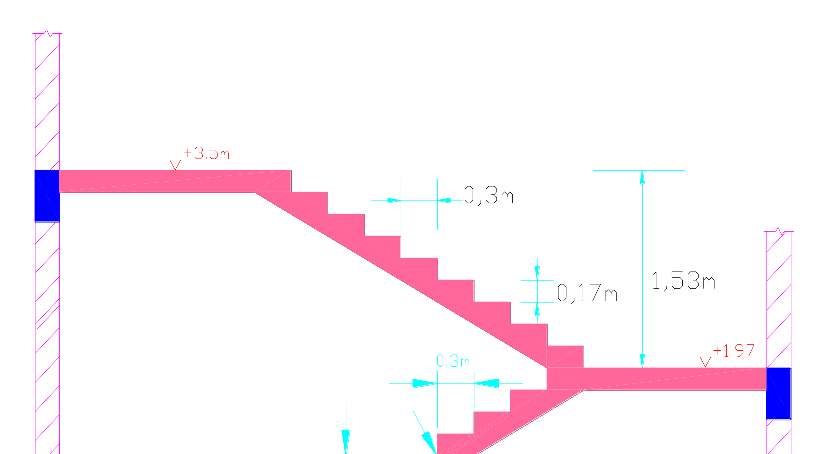
$$\theta = \tan^{-1}\frac{1.53}{2.4} = 32.5^0$$

$$L = 2846\ mm$$

$$e = \frac{L}{21} = \frac{2846}{21} = 135.5\ mm$$

$$use\ \ e = 170\,mm$$

$$\bar{e} = \frac{e}{cost} = \frac{150}{\cos 32.5} = 200\ \ mm$$



الشكل (4-29) يوضح أبعاد سلم الطوارئ.

2.2.3.4 تحديد الحمولات:

أ :- حساب الحمولات على القلبة المتكررة :

وزن بلاطة السلم $e.\gamma = 0.17 \times 25 = 4.25\ kN/m^2$

وزن الدرجات $= \frac{1}{2} \times 0.3 \times 0.17 \times 25 = 0.64\, kN/m^2$

وزن الإنهاءات $1.24\, kN/m^2$

وزن إضافي $0.07\, kN/m^2$

$$\sum DL = 6.2\ kN/m^2$$
$$\sum L.L = 5\ kN/m^2$$

$$W_u = 1.4 \times 6.2 + 5 \times 1.7 = 17.18\ kN/m^2$$

ب :- حساب الأحمال على استراحة السلم :

وزن بلاطة الاستراحة $= 0.17 \times 25 = 4.25\ kN/m^2$

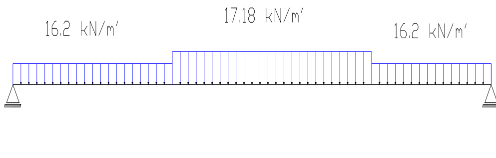
وزن الإنهاءات $1.24\, kN/m^2$

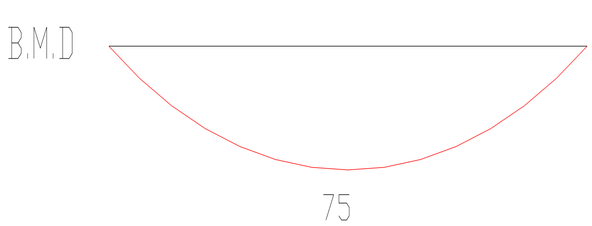
وزن إضافي $0.01\, kN/m^2$

$$\sum DL = 5.50\ kN/m^2$$
$$\sum L.L = 5\ kN/m^2$$

$$W_u = 1.4 \times 5.5 + 5 \times 1.7 = 16.2\ kN/m^2$$

2.2.3.4 التحليل الإنشائي:





الشكل (4−30) يوضح التحليل الإنشائي لبلاطة سلم الطوارئ

3.2.3.4 حساب حديد التسليح:

أولاً :− التصميم للعزم الموجب:

$$use\ \ \phi\ 16mm \quad use\ Cover\ 20mm$$

$$d = e - \frac{db}{2} - Cover$$

$$= 170 - \frac{16}{2} - 20 = 142\,mm$$

$$f_C' = 25\ MPa \quad , \quad f_y = 400\,MPa \quad M_{+ve} = 74.3$$

$$k_u = 0.165 \qquad w = 0.1856$$

$$\rho = 0.011$$

$$\rho_{min} = 0.035$$

$$\rho_{max} = 0.02$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$A_S = 1322\ \ mm^2 / m$$

$$use\ \ 7\phi\ 16\,mm / m$$

ثانيا :− تصميم الحديد المقاوم للعزم السالب:

بأخذ نصف قيمة مساحة الحديد للعزم الموجب.

$$A_S = \frac{1322}{2} = 661\ mm^2$$

$$use\ 4\phi\ 16\,mm / m$$

ثالثاً :− حديد الحرارة والانكماش:

$$use\ \ \phi\ 10\,mm$$

$$\rho = \frac{0.018 \times 400}{f_y} = 0.018$$

$$d = 170 - 20 - 16 - \frac{10}{2} = 129\,mm$$

$$A_S = 0.0018 \times 1000 \times 129 = 232.2\,mm^2$$

$$use\ 3\phi\ 10\,mm \setminus m^{\setminus}$$

رابعاً :- تدقيق القص:

$$\phi\,V_C = 0.85 \times \frac{\sqrt{25}}{6} \times 1000 \times 142 \times 10^{-3} = 100.6\ kN$$

$$V_u = 50\ kN$$

$$V_u < \phi\ V_C \quad o.k$$

4.2.3.4 تصميم عتبة استراحة السلم:

- تحديد الأبعاد :

$$h_{\min} = \frac{L}{16} = \frac{6000}{16} = 375\ mm$$

$$use\ h = 400\,mm$$

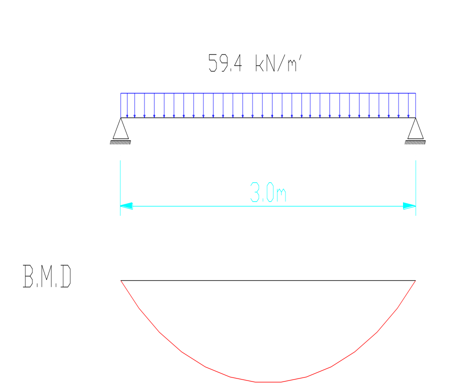
$$\left(\frac{h}{3} < b < \frac{2h}{3}\right) = (133.3\ mm - 266.6\ mm)$$

$$use\ b = 200\,mm$$

- تحديد الأحمال المسلطة[3] :

رد الفعل الناتج على القلبات المتكررة والاستراحة	$49.9\,kN/m$
الوزن الذاتي	$0.2 \times 0.4 \times 25 = 2\ kN/m$
وزن الجدران	$7.5\,kN/m$

- التحليل الإنشائي:



الشكل (4−31) يوضح التحليل الإنشائي للكمرة سلم الطوارئ

– التصميم الإنشائي:

$d = 400 - 20 = 370 \ mm$ $\qquad M_{+ve} = 66.83 \ kN/m$

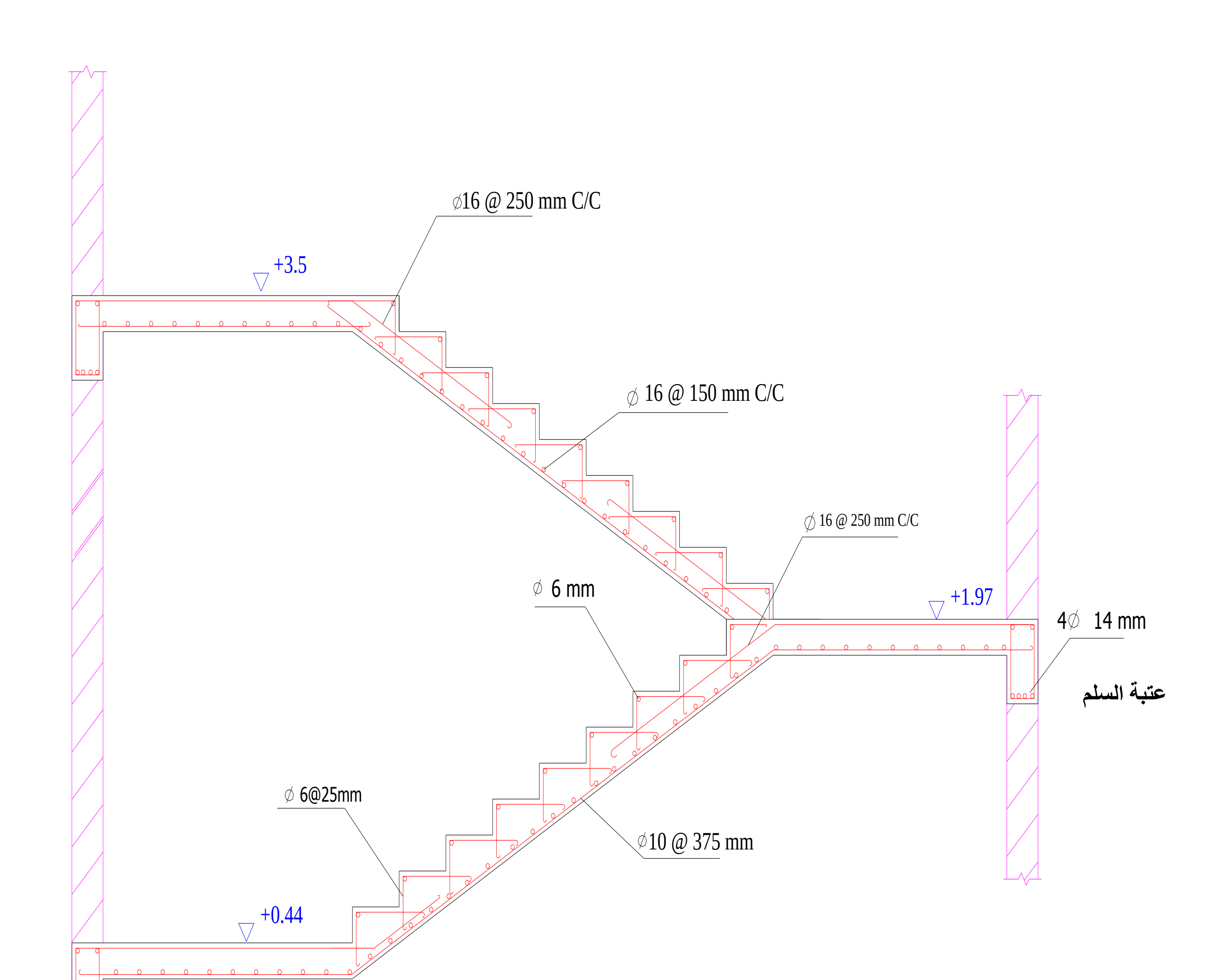
$k_u = 0.1087$ $\qquad w = 0.1168$

$\rho = 0.0073$ $\qquad \rho_{\min} = 0.0035$ $\qquad \rho_{\max} = 0.02$

$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$ $\qquad o.k$

$A_S = 540.23$

$use \quad 4\ \phi 14 mm$



الشكل (4-32) يوضح تفاصيل التسليح لسلم الطوارئ.